

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-304750

(43)Date of publication of application : 22.11.1996

(51)Int.Cl.

G02F 1/025

H01S 3/18

H04B 10/28

H04B 10/02

(21)Application number : 07-127161

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 27.04.1995

(72)Inventor : UCHIDA MAMORU

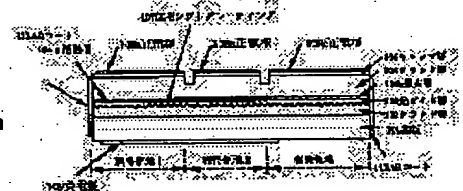
(54) POLARIZATION MODULATABLE SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a polarization modulatable semiconductor laser easy to manufacture capable of suppressing chirping.

CONSTITUTION: This laser is the polarization modulatable semiconductor laser having an optical waveguide 103 allowing two polarizing modes independent of each other and a distribution feedback type resonator 107.

The laser is provided with independently controllable gain area and loss area, and is constituted so that polarization dependency is imparted to the loss spectrum of the whole resonator by controlling at least the loss area between the gain area and the loss area, and is constituted so that two polarizing modes are selected optionally.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.04.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3397511

[Date of registration]

14.02.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The semiconductor laser which is characterized by to be the optical waveguide which permits two mutually-independent polarization modes, and the semiconductor laser which has a distribution feedback mold resonator, to have the gain field in which an independent control is possible, and a loss field, to be constituted so that a polarization dependency may give the loss spectrum of the whole resonator by controlling this loss field at least among this gain field and this loss field, and to be constituted so that two polarization modes may choose as arbitration and in which a polarization modulation is possible.

[Claim 2] Semiconductor laser according to claim 1 characterized by to perform at least one side of controlling the carrier consistency poured into the barrier layer of controlling the electrical potential difference impressed to a loss field in order to use the supramolecular structure represented by the quantum well structure of having the Stark effect in slight quantum closing depth in a part of optical waveguide of a loss field in order to give a polarization dependency to the loss spectrum of said whole resonator and to choose polarization mode as arbitration, and a gain field.

[Claim 3] Semiconductor laser according to claim 1 characterized by performing at least one side of controlling the carrier consistency poured into the barrier layer of controlling the electrical potential difference impressed to a loss field in order to use for a part of optical waveguide of a loss field the structure of having an Franz-Keldish effect in order to give a polarization dependency to the loss spectrum of said whole resonator, and to choose polarization mode as arbitration, and a gain field.

[Claim 4] Semiconductor laser according to claim 1 characterized by controlling the carrier consistency poured into the barrier layer of a gain field in order to load a metal in the front face of a loss field in order to give a polarization dependency to the loss spectrum of said whole resonator, and to choose polarization mode.

[Claim 5] Semiconductor laser according to claim 1 to 4 characterized by being constituted so that said gain field may give a polarization dependency to the gain in two polarization modes.

[Claim 6] the well of the quantum well from which the structure of the barrier layer of a gain field has multiplex quantum well structure, and constitutes it in order to give a polarization dependency to the gain in said two polarization modes — the thickness of a layer and a barrier layer, and a presentation and distortion stress — the semiconductor laser according to claim 5 characterized by one differing from other quantum wells even if few.

[Claim 7] The optical network characterized by arranging a polarizer to the outgoing radiation side of this laser, and using only specific polarization to the semiconductor laser according to claim 1 to 6 used as the oscillation light source.

[Claim 8] The optical network characterized by receiving to coincidence the light from which the light light and the polarization by which outgoing radiation is carried out cross at right angles mutually is sent out to coincidence in a transmission line, and this polarization differs by the receiving side from the semiconductor laser according to claim 1 to 6 used as the oscillation light source.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the optical network using the light source and it which are used for optical communication, optical information processing, etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] Many troubles have been solved with large-capacity-izing of an optical-communication technique. The phenomenon in which the refractive-index fluctuation by the carrier ununiformity distribution in the device at the time of the high-speed intensity modulation called the so-called char ping makes a transmission oscillation wave distorted has not necessarily come [however,] to be solved. Usually, the trouble by a char ping being large is the following two points.

(1) Cause the increment in an error rate as a modulation rate increases, and restrict the modulation rate of a device, and a communicative transmission distance.

(2) Since the large filter of a pass band must be used because line breadth increases as a modulation rate increases, a limit of the wavelength many load resultant pulse numbers of optical communication arises.

[0003] The mainstream approach used now in order to reduce a char ping drives semiconductor laser by CW (continuous action), and performs intensity modulation by the external modulator with a dielectric or a semiconductor. By this approach, while there is a limitation in a miniaturization and low-pricing of a device, it cannot be said that the flexibility (the high level of the capacity that the signal with which modulation rates differ greatly can be transmitted to coincidence etc.) of an optical network is also high.

[0004] On the other hand, there are an approach to which the plane of polarization of the oscillation light of a device is made to switch as an option according to a signal, and the so-called polarization becoming [irregular] method (for example, indicated by JP,62-42593,A or JP,62-144426,A). This main point is as follows. As shown in drawing 14, the semiconductor laser which has the property which polarization reverses from the TM mode to the TE mode with a certain current value is used. And the TE mode and the TM mode switch the threshold gain of TE and TM according to the signal current (modulation current) by making into a bias point the current value which carries out a coincidence oscillation, and send out only the light which polarized in the specific direction with the polarizer to a transmission line. (since the optical consistency of semiconductor laser is fixed also during a modulation, and a drive current is always about 1 law and is not turned on and off), the polarization becoming [irregular] method has the essential advantage that carrier fluctuation accompanying a modulation can also be made very small. However, in the conventional example, it is not clearly shown at all about the concrete structure of such laser.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since only the polarization dependency of gain was mainly used in the case of the conventional direct polarization modulation technique, it was difficult to make small the difference of the threshold gain of the TE mode and the TM mode. Consequently, there were the following troubles.

(1) The fields (a drive current, an optical output, operating temperature, oscillation wavelength, extinction ratio, etc.) which can carry out a direct polarization modulation are narrow to stability.

(2) The degree of freedom of a design is narrow, and since the precision prescribe over manufacture is severe, the component yield is low.

(3) Since the operating current consistency is high, a component life is short.

(4) Since the stability of line breadth is bad, a burden is placed on a wavelength filter.

[0006] The general purpose of this invention can stop a char ping, and is to offer the optical network, especially wavelength multiplexing light network using easy semiconductor laser and easy it of production.

[0007] The 1st purpose (it corresponds to claim 1) of this invention can stop a char ping, and its operating range is wide and, more specifically, is to offer the easy polarization modulation semiconductor laser of production. The 2nd purpose (it corresponds to claims 2, 3, and 4) of this invention is to offer the easy polarization modulation laser of production. The 3rd purpose (it corresponds to claims 5 and 6) of this invention is to offer the large semiconductor laser of the range which can be polarization modulated. High density wavelength multiplexing is possible for the 4th purpose (it corresponds to claims 7 and 8) of this invention, and it is in offering a high speed and the optical network which can be transmitted over long distances.

[0008]

[Means for Solving the Problem and its Function] The semiconductor laser which attains the general purpose and the 1st general purpose of this invention and in which a polarization modulation is possible They are the optical waveguide which permits two mutually-independent polarization modes, and the semiconductor laser which has a distribution feedback mold resonator. It has the gain field in which an independent control is possible, and a loss field (respectively at least one). A polarization dependency is given to the loss spectrum of the whole resonator by controlling this loss field at least among this gain field and this loss field (or). It is characterized by doing loss, being constituted only to specific polarization mode, and being constituted so that two polarization modes may be chosen as arbitration.

[0009] The semiconductor laser which attains the 2nd purpose of this invention and in which a polarization modulation is possible In order to give a polarization dependency to the loss spectrum of said whole resonator, the supramolecular structure represented by the quantum well structure of having the Stark effect (QCSE) in slight quantum closing depth in a part of optical waveguide of a loss field is used. In order to choose polarization mode as arbitration, it is characterized by performing at least one side of controlling the carrier consistency poured into the barrier layer of controlling the electrical potential difference impressed to a loss field, and a gain field. Moreover, in order to use for a part of optical waveguide of a loss field the structure of having an Franz-Keldish effect (the F-K effectiveness) in order to give a polarization dependency to the loss spectrum of said whole resonator, and to choose polarization mode as arbitration, it is characterized by performing at least one side of controlling the carrier consistency poured into the barrier layer of controlling the electrical potential difference impressed to a loss field, and a gain field. Moreover, in order to load a metal in the front face of a loss field in order to give a polarization dependency to the loss spectrum of said whole resonator, and to choose polarization mode, it is characterized by controlling the carrier consistency poured into the barrier layer of a gain field.

[0010] The semiconductor laser which attains the 3rd purpose of this invention and in which a polarization modulation is possible is characterized by the thing to which said gain field gives a polarization dependency to the gain in two polarization modes (or gain is given only to specific polarization mode) and which is constituted like. moreover, the well of the quantum well from which the structure of the barrier layer of a gain field has multiplex quantum well structure, and constitutes it in order to give a polarization dependency to the gain in said two polarization modes — the thickness of a layer and a barrier layer, and a presentation and distortion stress — even if few, one is characterized by differing from other quantum wells.

[0011] The optical network which attains the 4th purpose of this invention is characterized by arranging a polarizer to the outgoing radiation side of this laser, and using only specific polarization to the above-mentioned semiconductor laser used as the oscillation light source. Moreover, the light light and the polarization by which outgoing radiation is carried out cross at right angles mutually from the above-mentioned semiconductor laser. used as the oscillation light source is sent out to coincidence in a transmission line, and it is characterized by receiving to coincidence the light from which this polarization differs in a receiving side.

[0012] Next, the conditions for which the laser for a polarization modulation is asked are explained briefly. The oscillation wavelength of semiconductor laser is determined by the following oscillation conditional expression.

$g_{th} = \alpha_{in} + \alpha_M + \alpha_{SC} \dots (1)$

It is here and they are $\alpha_M = 1 / 2 L_{eff} \ln (1 / R_1 R_2)$.

$\exp(i - (2 n_{eff} L_{eff} / \lambda + \phi)) = 0 \dots (2)$ here — g_{th} : threshold gain α_{in} : internal-loss α_M : reflection loss α_{SC} : others to barrier layer effectual reflection factor n_{eff} : seen from one in R: resonator — effectual refractive-index L_{eff} : of waveguide — effectual cavity length λ : oscillation wavelength ϕ : — it is a phase.

[0013] In addition, TM-gTMth having mutually-independent polarization mode, for example, the TE mode, and the TM mode in the semiconductor laser for a direct polarization modulation with the threshold gain equal to it as another conditions, i.e., $g_{TEth} = g_{TMth}$, ... (3)

It *****.

[0014] The main point of this invention is controlling a gain spectrum and a loss (resonator) spectrum independently, tends to raise the tolerance of a design and tends to raise the manufacture yield while raising the property of a device.

[0015] The configuration which attains the 1st purpose of the above has the following description.

1) The aforementioned (1) – (3) type can be satisfied reasonable to use and control the polarization dependency of both a gain field and a loss field.

2) A polarization modulation can be performed by switching polarization mode by superimposing an electrical

signal on a gain field, a loss field, or its both.

[0016] The 1st configuration which attains the 2nd purpose of the above has the following description.

- 1) It is known that QCSE can change the polarization dependency of distribution to a high speed.
- 2) Since a polarization dependency can be given to the whole loss spectrum by using for a loss field the waveguide which has QCSE, the above-mentioned (1) – (3) type can be filled to coincidence.
- 3) It can use for selection in the two modes which can modulate loss at a high speed by QCSE.
- 4) Since gain or a phase is changeable by changing a carrier consistency, two polarization modes can be used for a high-speed change.

[0017] The 2nd configuration which attains the 2nd purpose of the above has the following description.

- 1) It is known that the F-K effectiveness can change distribution to a high speed.
- 2) A polarization dependency can be given to the whole loss spectrum by using for a loss field the waveguide which has the F-K effectiveness.

[0018] The 3rd configuration which attains the 2nd purpose of the above has the following description.

- 1) By loading a metal membrane in the waveguide front face of a loss field, loss can be done only to the TM mode.
- 2) A polarization modulation can be performed by controlling a gain profile by the gain field.

[0019] The configuration which attains the 3rd purpose of the above has the following description.

- 1) Unsymmetrical distortion quantum well structure has the degree of freedom which carries out adjustable [of the band gap] compared with symmetry quantum well structure.
- 2) It can carry out adjustable [of the band gap] alternatively to the TE mode and the TM mode further by introducing distortion asymmetrically. This means that the gain generated by the same impregnation carrier consistency to the same barrier layer can be set as the threshold gain of the TE mode and each TM mode. Consequently, a threshold carrier consistency can be set as a modulation bias point, and the optical output which carried out polarization switching can be obtained by superimposing a signal on an inrush current.

[0020] The configuration which attains the 4th purpose of the above has the following description. The semiconductor laser in which the polarization modulation of this invention is possible can be used replacing it with the conventional light source.

[0021]

[Example 1]

(MQW+MQW) Drawing 1 is the sectional view of the direction of a resonator of the 1st example of the semiconductor laser in which the polarization modulation of this invention is possible. It is trichotomized in the direction of a resonator and has become the gain field 1, the gain field 2, and a loss field, respectively. Although each field is electrically independent, it has joined together through the common lightguide layer 103 optically. The concrete lamination is as follows. For the n mold InGaAsP lightguide layer and 104a to which 101 mentioned the n mold InP substrate above, and an n mold InP cladding layer and 103 mentioned 102 above, in drawing 1, an undoping GaInAsP barrier layer and 104b of an undoping GaInAsP loss layer and 105 are [a p mold InP cladding layer and 106] p mold InGaAsP contact layers. Furthermore, 107 is a grating which has $\lambda/4$ phase shifts, which were formed in the boundary of n mold cladding layer 102 and n mold lightguide layer 103, and, as for 108a–108c, a positive electrode and 109 are the negative electrodes. The areflexia (AR) coat 112 was given to the both-ends side. The pitch of a grating 107 is set up so that the TM mode of the Bragg wavelength may become a gain peak. The structure of barrier layer 104a and loss layer 104b presupposed that it is the same in this example. drawing 2 which shows the energy band gap structure of barrier layer 104a and loss layer 104b — setting — the well — in thickness, 10nm and the barrier layer 122 consist of InGaAsP (wavelength presentation of 1.1 micrometers) by a layer 121 consisting of InGaAs (1.0% of hauling distortion), thickness is 10nm, further, the SCH layer 123 consists of InGaAsP (wavelength presentation of 1.2 micrometers), and thickness is 100nm. The number of wells was made into five periods.

[0022] Next, the principle of operation is explained. Drawing 3 shows the relation of the gain (correctly $** - g$) and resonator loss ($** - \alpha$ in $\alpha M + \alpha SC$) over the TE mode and the TM mode when pouring a carrier (-10^{18}cm^{-3}) into the gain fields 1 and 2 equally (for wavelength, $\lambda_{\text{TM Bragg}}$, and $\lambda_{\text{TE Bragg}}$, the TM mode and the TE mode, λ_{TM} , and λ_{TE} of the Bragg wavelength are [an axis of abscissa] the gain peak of the TM mode and the TE mode, respectively). It is based on change of the band structure of a distortion quantum well that gain spectrums differ by TE and TM. Thus, it is difficult to choose the oscillation light of a DFB laser between the TM mode and the TE mode only by changing only the gain profile of the TE mode and the TM mode. For this reason, in the conventional example, design precision was severe and the operating range which can be polarization modulated was narrow. Drawing 4 is pouring a carrier into an ununiformity to the gain fields 1

and 2, and shows this relation when changing correlation of the gain of the TE mode and the TM mode, and impressing a reverse bias (for example, $-5V$) to a loss field. The peak value of a resonator loss spectrum depends on a quantum locked-in effect [that the direction of TM becomes small] (QCSE). Thus, the above-mentioned (3) formula can be easily filled with controlling not only a gain spectrum but a resonator loss spectrum. [0023] After adjusting the current of the gain fields 1 and 2, and the applied voltage of a loss field so that (3) types may be realized in a steady state, there are some approaches among the modulation approaches.

(1) Impress a signal to a loss field as an electrical potential difference. Since the high-speed modulation by QCSE being possible and the carrier distribution in a resonator are kept constant, the advantage of this approach has the line breadth of oscillation light in the point made very narrowly.

(2) Superimpose a signal as a current on both gain both [one of the two or] 1 and 2. The advantage of this approach is that a modulation circuit is easy.

(3), (1), and (2) should put together. The advantage in this case is made to a setup having the advantage of (1) and (2).

[0024] Drawing 5 shows typically the operating current of this example and the conventional example, and the relation of line breadth. At the time of a modulation, if the approach of (1) is used in the case of this example, this difference will become still more remarkable. Drawing 6 expresses typically the difference in the field of this example and the conventional example which can be polarization modulated using the relation of an operating current pair optical output.

[0025] According to this example, it is clear that the following effectiveness is attained.

1) Modulation effectiveness is high if it is the same optical output.

2) The optical output range which can be modulated is wide.

[0026]

[Example 2]

(Unsymmetrical distortion quantum well + MQW) The 2nd example is explained below. By optimizing the structure of a gain field and a loss field independently in the 1st example, high performance-ization can be attained further. Structure is the same as the 1st example except barrier layer 104a and loss layer 104b. Drawing 7 expresses the band structure of a barrier layer, and drawing 8 expresses the band structure of a loss layer. a barrier layer — InGaAs and InGaAsP — a well — it has unsymmetrical distortion quantum well structure (the barrier layer 173 is GaInAsP) used as layers 171 and 172. this example — InGaAs — a well — a layer 171 (10nm in thickness) — 1.0% of hauling distortion — introducing — InGaAsP — a well — the layer 172 (10nm in wavelength; $\lambda_{\text{dag}}=1.65\text{micrometer}$, thickness equivalent to an energy gap) and the InGaAsP barrier layer 173 (10nm in $\lambda_{\text{dag}}=1.3\text{micrometer}$, thickness) used double quantum well structure without distortion. moreover, the structure of a loss field — a well — a layer 181 consists of InGaAs (1.7% of hauling distortion), in thickness, 10nm and the SCH layer 183 consist of InGaAsP (wavelength presentation of 1.2 micrometers) by 10nm and the barrier layer 182 consisting of InGaAsP (wavelength presentation of 1.2 micrometers) in thickness, and thickness is 100nm. The number of wells was made into two periods.

[0027] Drawing 9 pours a carrier into the gain fields 1 and 2, and shows the relation between the gain when carrying out electrical-potential-difference impression and controlling to a loss field, and a loss spectrum. The principle of operation is substantially [as the 1st example] the same. the range which can be 4 polarization modulated becomes [that the 1 operating current becomes still lower since the difference from the 1st example is optimizing the structure of a gain field and a loss field independently, that 2 modulation effectiveness becomes still higher, that 3 line breadth becomes still narrower, and] still larger. — it comes out.

[0028]

[Example 3]

(The bulk barrier layer + metal loading +F-K effectiveness) Next, the example which attached importance to the ease of manufacture is shown. Drawing 10 is the sectional view of the direction of a resonator of the 3rd example of this invention. In drawing 10, it is shown that it is this function part which is shown with drawing 1 and a same sign. It is trichotomized in the direction of a resonator and has become the gain field 1, the gain field 2, and a loss field, respectively. Although each field is electrically independent, it has joined together through the common lightguide layer 103 optically. Concrete lamination is as follows. 101 — for an n mold InGaAsP lightguide layer and 104a, an undoping GaInAsP barrier layer and 104b of an undoping GaInAsP loss layer and 105 are [an n mold InP substrate and 102 / an n mold InP cladding layer and 103 / a p mold InP cladding layer and 106] p mold InGaAsP contact layers. 107 is a grating which has $\lambda / 4$ phase shifts which were formed in the boundary of n mold cladding layer 102 and n mold lightguide layer 103, 108 is a positive electrode and 109 is the negative electrode.

The areflexia (AR) coat 112 was given to the both-ends side. The pitch of a grating 107 is set up so that the TM mode of the Bragg wavelength may become a gain peak. The structure (bulk structure) of barrier layer 104a and loss layer 104b presupposed that it is the same in this example. It differs from the 1st example that p mold cladding layer 105 is thin at extent which requires electric-field distribution of a loss field for an electrode 108 in addition to barrier layer 104a. Consequently, it receives only to the TM mode and has become a loss field.

[0029] Next, the principle of operation is explained. The relation of the gain (correctly g) and resonator loss (α) over the TE mode and the TM mode when pouring in a carrier (10^{18}cm^{-3}) independently of the gain fields 1 and 2, in order that drawing 11 may adjust the phase in DFB mode, and impressing a reverse bias (-5 V) to a loss field is shown (an axis of abscissa is wavelength). Since the bulk barrier layer is used, a gain spectrum hardly changes by TE and TM. The peak value of a resonator loss spectrum depends [the direction of TM] large one on the oppression effectiveness of the TM mode by metal loading. Therefore, the above-mentioned (3) formula can be filled with adjusting a grating pitch so that the direction of the gain of the TM mode of the Bragg wavelength may become larger than the gain of the TE mode. An Franz-Keldish effect can adjust a resonator loss profile by furthermore applying a reverse bias to a loss field.

[0030] Since a barrier layer and a loss layer are bulk structures, the description original with this example is in the point that the semiconductor laser in which a polarization modulation is possible can be obtained by the easy work approach. The principle of operation is substantially [as the 1st example] the same.

[0031]

[Example 4]

(Those with an application-polarizer to a network) The example which applied the device of this invention to the optical network next is described. A polarizer can be arranged to the outgoing radiation side of the device stated in the examples 1-3, and only a specific polarization light (for example, TE light) can be taken out. Drawing 12 and drawing 13 are the examples of application to a bus type light network and a ring type light network, and the above-mentioned device is carried in the optical nodes 401-406. Since the semiconductor laser of this invention has narrowly stable line breadth, a high density wave length multiplex communication network is realizable by combining with the narrow filter of a pass band.

[0032]

[Example 5]

(with no application-polarizer to a network) Since the light of polarization which is different if a polarizer is not used can be sent out to coincidence, network multi-functionalization can be achieved using the above-mentioned device. For example, in tunable laser and the wavelength multisystem using a wavelength adjustable filter, the above-mentioned device can be used with a configuration very simple as the light source for polarization diversity by giving a polarization dependency to a wavelength adjustable filter.

[0033] Although 1.5-micrometer band has explained the above, other wavelength ranges and ingredient systems are also realized similarly.

[0034]

[Effect of the Invention] As stated above, the semiconductor laser in which the polarization modulation of this invention is possible has the following effectiveness.

(1) The fields (a current, an optical output, operating temperature, wavelength, extinction ratio, etc.) which can carry out a direct polarization modulation are large to stability.

(2) The degree of freedom of a component design is high, and since structure is easy, the manufacture yield is high.

(3) Since [that the operating current is low] structure is easy, a component life is long.

[0035] Moreover, the optical network of this invention has the following effectiveness.

(1) Since the stability of line breadth of operation of the semiconductor laser in which the polarization modulation of this invention is possible is good, it can realize a high density wave length multiplex communication system combining the narrow wavelength filter of a pass band.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The direction sectional view of a resonator explaining the 1st example of this invention.

[Drawing 2] The mimetic diagram explaining the band structure of the barrier layer of the 1st example, and a loss layer.

[Drawing 3] The graphical representation showing the relation of the gain (correctly $**g$) and resonator loss over the TE mode and the TM mode when pouring a carrier into the gain fields 1 and 2 of the 1st example equally.

[Drawing 4] The graphical representation showing the relation of the gain (correctly $**g$) and resonator loss over the TE mode and the TM mode when pouring a carrier into an ununiformity to the gain fields 1 and 2 of the 1st example, and changing correlation of the gain of the TE mode and the TM mode, and impressing a reverse bias to a loss field.

[Drawing 5] Drawing having shown typically the operating current of the 1st example and the conventional example, and the relation of line breadth.

[Drawing 6] Drawing which expressed typically the difference in the field of the 1st example and the conventional example which can be polarization modulated using the relation of an operating current pair optical output.

[Drawing 7] The mimetic diagram explaining the band structure of the barrier layer of the 2nd example.

[Drawing 8] The mimetic diagram explaining the band structure of the loss layer of the 2nd example.

[Drawing 9] The graphical representation showing the relation between the gain when having poured the carrier into the gain fields 1 and 2 of the 2nd example, and carrying out electrical-potential-difference impression and controlling to a loss field, and a loss spectrum.

[Drawing 10] The direction sectional view of a resonator explaining the 3rd example of this invention.

[Drawing 11] The graphical representation showing the relation of the gain (correctly $**g$) and resonator loss ($** - \alpha_{in} + \alpha_M + \alpha_{SC}$) over the TE mode and the TM mode when pouring in a carrier independently of the gain fields 1 and 2 of the 3rd example, and impressing a reverse bias to a loss field.

[Drawing 12] The mimetic diagram explaining the example of application to a bus mold network system.

[Drawing 13] The mimetic diagram explaining the example of application to a ring type network system.

[Drawing 14] The mimetic diagram explaining the conventional example.

[Description of Notations]

101 Substrate

102 105 Cladding layer

103 Lightguide Layer

104a Barrier layer

104b Loss layer

106 Cap Layer

107 Grating

108, 108a, 108b, 108c Positive electrode

109 Negative Electrode

112 AR Coat

121 and 181 a well — layer

122 182 Barrier layer

123 183 SCH layer

171 InGaAs Distortion Well Layer

172 InGaAsP Well Layer

173 InGaAsP Barrier Layer

400 Optical Bus Line

401-406 Optical node

411-416 Terminal unit

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-304750

(43) 公開日 平成8年(1996)11月22日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/025		G 0 2 F	1/025
H 0 1 S	3/18		H 0 1 S	3/18
H 0 4 B	10/28		H 0 4 B	9/00
	10/02			W

審査請求 未請求 請求項の数8 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-127161

(22) 出願日 平成7年(1995)4月27日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 内田 護

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

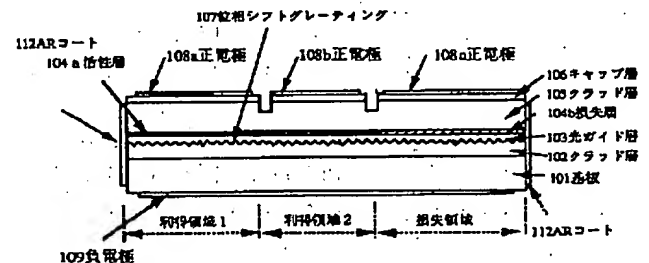
(74) 代理人 弁理士 加藤 一男

(54) 【発明の名称】 偏波変調可能な半導体レーザ

(57) 【要約】

【目的】 チャーピングを抑えることができ、作製の容易な偏波変調可能な半導体レーザである。

【構成】 互いに独立な2つの偏波モードを許容する光導波路103と分布帰還型共振器107を有する偏波変調可能な半導体レーザである。独立制御可能な利得領域と損失領域を有し、利得領域と損失領域のうち、少なくとも損失領域を制御することにより共振器全体の損失スペクトルに偏波依存性を与えるように構成され、2つの偏波モードを任意に選択するように構成されている。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに独立な2つの偏波モードを許容する光導波路と分布帰還型共振器を有する半導体レーザであって、独立制御可能な利得領域と損失領域を有し、該利得領域と該損失領域のうち、少なくとも該損失領域を制御することにより共振器全体の損失スペクトルに偏波依存性を与えるように構成され、2つの偏波モードを任意に選択するように構成されていることを特徴とする偏波変調可能な半導体レーザ。

【請求項2】 前記共振器全体の損失スペクトルに偏波依存性を与える為に、損失領域の光導波路の一部に量子閉じこめシュタルク効果を有する量子井戸構造に代表される超構造が用いられ、偏波モードを任意に選択する為に、損失領域に印加する電圧を制御すること及び利得領域の活性層に注入するキャリア密度を制御することの少なくとも一方を行うことを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】 前記共振器全体の損失スペクトルに偏波依存性を与える為に、損失領域の光導波路の一部にフランツ・ケルデッシュ効果を有する構造が用いられ、偏波モードを任意に選択する為に、損失領域に印加する電圧を制御すること及び利得領域の活性層に注入するキャリア密度を制御することの少なくとも一方を行うことを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項4】 前記共振器全体の損失スペクトルに偏波依存性を与える為に、損失領域の表面に金属が装荷され、偏波モードを選択する為に、利得領域の活性層に注入するキャリア密度を制御することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項5】 前記利得領域が2つの偏波モードの利得に偏波依存性を与えるように構成されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の半導体レーザ。

【請求項6】 前記2つの偏波モードの利得に偏波依存性を与える為に、利得領域の活性層の構造が多量子井戸構造を有し、それを構成する量子井戸のウェル層とバリア層の層厚や組成、歪み応力少なくとも1つが他の量子井戸と異なっていることを特徴とする請求項5記載の半導体レーザ。

【請求項7】 発振光源として用いられる請求項1乃至6のいずれかに記載の半導体レーザに対し、該レーザの出射面に偏光子を配置して特定の偏波のみを利用することを特徴とする光ネットワーク。

【請求項8】 発振光源として用いられる請求項1乃至6のいずれかに記載の半導体レーザから、出射される偏波が互いに直交する光を伝送路に同時に送出して、受信側では該偏波の異なる光を同時に受信することを特徴とする光ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

2

【産業上の利用分野】 本発明は、光通信および光情報処理などに用いられる光源及びそれを用いた光ネットワークに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光通信技術の大容量化に伴い、多くの問題点が解決されてきた。しかしながら、いわゆるチャーピングとよばれる、高速強度変調時のデバイス内のキャリア不均一分布による屈折率変動が伝送発振波形を歪ませる現象は必ずしも解決されるに至っていない。通常、チャーピングが大きいことによる問題点は以下の2点である。

(1) 変調速度が上がるにつれて誤り率の増加を招き、デバイスの変調速度や通信の伝送距離を制限する。

(2) 変調速度が上がるにつれ、線幅が増大することで、パスバンドの広いフィルタを使わざるを得ないため、光通信の波長多重数の制限が生ずる。

【0003】 チャーピングを低減するために現在用いられている主流の方法は、半導体レーザをCW（連続動作）で駆動し、誘電体や半導体による外部変調器により強度変調を行うものである。この方法では、デバイスの小型化や低価格化には限界があるとともに、光ネットワークの柔軟性（変調速度が大きく異なる信号を同時に伝送できる能力の高さなど）も高いとはいえない。

【0004】 一方、別の方法として、デバイスの発振光の偏波面を信号に応じてスイッチングさせる方法、いわゆる偏波変調法がある（たとえば、特開昭62-42593ないしは特開昭62-144426に開示されている）。この骨子は以下のようなものである。図14に示すように、或る電流値でTMモードからTEモードへ偏波が反転する特性を有する半導体レーザを用いる。そして、TEモードとTMモードが同時発振する電流値をバイアス点として、信号電流（変調電流）によってTEとTMのしきい値利得をスイッチし、偏光子によって特定方向に偏光した光のみを伝送路に送出するものである。偏波変調法は、半導体レーザの光密度が変調中も一定であることから（駆動電流が常にほぼ一定で、オン・オフされない）、変調に伴うキャリア変動も極めて小さくできるという本質的な利点がある。しかしながら、従来例では、この様なレーザの具体的構造については何ら明示されていない。

【0005】

【発明が解決しようとしている課題】 従来の直接偏波変調方式の場合、主に利得の偏波依存性のみを使っていたので、TEモードとTMモードのしきい値利得の差を小さくすることが困難であった。その結果、以下の問題点があった。

(1) 安定に直接偏波変調できる領域（駆動電流、光出力、動作温度、発振波長、消光比等）が狭い。

(2) 設計の自由度が狭く、製作に対する要求精度が厳しいため素子歩留まりが低い。

50

(3) 動作電流密度が高いため素子寿命が短い。

(4) 線幅の安定性が悪いため波長フィルタに負担がかかる。

【0006】本発明の概括的な目的は、チャージングを抑えることができ、作製の容易な半導体レーザとそれを用いた光ネットワーク特に波長多重光ネットワークを提供することにある。

【0007】より具体的には、本発明の第1の目的（請求項1に対応）は、チャージングを抑えることができ、動作範囲が広く、作製の容易な偏波変調半導体レーザを提供することにある。本発明の第2の目的（請求項2、3および4に対応）は、作製の容易な偏波変調レーザを提供することにある。本発明の第3の目的（請求項5および6に対応）は、偏波変調可能範囲の広い半導体レーザを提供することにある。本発明の第4の目的（請求項7および8に対応）は高密度波長多重可能で、高速かつ長距離伝送可能な光ネットワークを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段及び作用】本発明の概括的な目的及び第1の目的を達成する偏波変調可能な半導体レーザは、互いに独立な2つの偏波モードを許容する光導波路と分布帰還型共振器を有する半導体レーザであって、独立制御可能な利得領域と損失領域（夫々少なくとも1つ）を有し、該利得領域と該損失領域のうち、少なくとも該損失領域を制御することにより共振器全体の損失スペクトルに偏波依存性を与える（或は、特定の偏波モードに対してのみ損失を与える）ように構成され、2つの偏波モードを任意に選択するように構成されていることを特徴とする。

【0009】本発明の第2の目的を達成する偏波変調可能な半導体レーザは、前記共振器全体の損失スペクトルに偏波依存性を与える為に、損失領域の光導波路の一部に量子閉じこめシュタルク効果（QCSE）を有する量子井戸構造に代表される超構造が用いられ、偏波モードを任意に選択する為に、損失領域に印加する電圧を制御*

$$\exp(i \cdot (2n_{\text{eff}} \cdot L_{\text{eff}} / \lambda + \phi)) = 0 \quad \dots (2)$$

ここで、

Γ ：活性層への光閉じ込め係数

g_{th} ：しきい利得

α_{in} ：内部損失

α_{M} ：反射損失

α_{SC} ：その他の損失（散乱損失、結合損失等）

R_i ：共振器内の1点からみた実効的な反射率

n_{eff} ：導波路の実効的な屈折率

L_{eff} ：実効的な共振器長

λ ：発振波長

ϕ ：位相

である。

【0013】これに加え、直接偏波変調用半導体レーザ

*すること及び利得領域の活性層に注入するキャリア密度を制御することの少なくとも一方を行うことを特徴とする。また、前記共振器全体の損失スペクトルに偏波依存性を与える為に、損失領域の光導波路の一部にフランツ・ケルデッシュ効果（F-K効果）を有する構造が用いられ、偏波モードを任意に選択する為に、損失領域に印加する電圧を制御すること及び利得領域の活性層に注入するキャリア密度を制御することの少なくとも一方を行うことを特徴とする。また、前記共振器全体の損失スペクトルに偏波依存性を与える為に、損失領域の表面に金属が装荷され、偏波モードを選択する為に、利得領域の活性層に注入するキャリア密度を制御することを特徴とする。

【0010】本発明の第3の目的を達成する偏波変調可能な半導体レーザは、前記利得領域が2つの偏波モードの利得に偏波依存性を与える（或は、特定の偏波モードに対してのみ利得を与える）ように構成されていることを特徴とする。また、前記2つの偏波モードの利得に偏波依存性を与える為に、利得領域の活性層の構造が多重量子井戸構造を有し、それを構成する量子井戸のウェル層とバリア層の層厚や組成、歪み応力少なくとも1つが他の量子井戸と異なっていることを特徴とする。

【0011】本発明の第4の目的を達成する光ネットワークは、発振光源として用いられる上記の半導体レーザに対し、該レーザの射出面に偏光子を配置して特定の偏波のみを利用することを特徴とする。また、発振光源として用いられる上記の半導体レーザから、射出される偏波が互いに直交する光を伝送路に同時に送出して、受信側では該偏波の異なる光を同時に受信することを特徴とする。

【0012】次に、偏波変調用レーザに求められる条件について簡単に説明する。半導体レーザの発振波長は以下の発振条件式で決定される。

$$\Gamma \cdot g_{\text{th}} = \Gamma \cdot \alpha_{\text{in}} + \alpha_{\text{M}} + \alpha_{\text{SC}} \quad \dots (1)$$

ここで、 $\alpha_{\text{M}} = 1/2 \cdot L_{\text{eff}} \cdot \ln(1/R_1 \cdot 1/R_2)$

$$\exp(i \cdot (2n_{\text{eff}} \cdot L_{\text{eff}} / \lambda + \phi)) = 0 \quad \dots (2)$$

には、別の条件として、互いに独立な偏波モード、たとえばTEモードとTMモードを有し、かつそのしきい利得が等しいこと、即ち、

$$\Gamma^{\text{TE}} \cdot g^{\text{TEth}} = \Gamma^{\text{TM}} \cdot g^{\text{TMth}} \quad \dots (3)$$

が要求される。

【0014】本発明の骨子は、利得スペクトルと（共振器）損失スペクトルを独立に制御することで、デバイスの特性を向上させると共に、設計の許容度をあげ、製作歩留まりを向上させようとするものである。

【0015】上記第1の目的を達成する構成は次の特徴を持つ。

1) 利得領域と損失領域の両方の偏波依存性を利用かつ制御することで、前記(1)～(3)式を無理なく満足

(4)

5

させることができる。

2) 利得領域、或は損失領域、或はその両方に電気信号を重畳することで偏波モードをスイッチングすることで偏波変調を行うことができる。

【0016】上記第2の目的を達成する第1の構成は次の特徴を持つ。

- 1) QCS Eは分散の偏波依存性を高速に変化させることができることが知られている。
- 2) 損失領域にQCS Eを有する導波層を用いることで全体の損失スペクトルに偏波依存性を持たせることができるため上記(1)～(3)式を同時に満たすことができる。
- 3) QCS Eにより損失を高速に変調できる2つのモードの選択に用いることができる。
- 4) キャリア密度を変化させることで利得或は位相を変えることができるため、2つの偏波モードを高速切り替えに用いることができる。

【0017】上記第2の目的を達成する第2の構成は次の特徴を持つ。

- 1) F-K効果は分散を高速に変化させることができることが知られている。
- 2) 損失領域にF-K効果を有する導波層を用いることで全体の損失スペクトルに偏波依存性を持たせることができる。

【0018】上記第2の目的を達成する第3の構成は次の特徴を持つ。

- 1) 損失領域の導波路表面に金属膜を装荷することで、TMモードのみに損失を与えることができる。
- 2) 利得領域で利得プロファイルを制御することで偏波変調を行うことができる。

【0019】上記第3の目的を達成する構成は次の特徴を持つ。

- 1) 非対称歪み量子井戸構造は対称量子井戸構造に比べ、バンドギャップを可変する自由度がある。
- 2) さらに、歪みを非対称に導入することでTEモードとTMモードに対してバンドギャップを選択的に可変できる。このことは、同一の活性層への同一の注入キャリア密度で生成される利得をTEモードとTMモードそれぞれのしきい利得に設定できることを意味する。この結果、しきいキャリア密度を変調バイアス点に設定し、注入電流に信号を重畳することで偏波スイッチングした光出力を得ることができる。

【0020】上記第4の目的を達成する構成は次の特徴を持つ。本発明の偏波変調可能な半導体レーザを、従来の光源と置き換えて使用できる。

【0021】

【実施例1】

(MQW+MQW) 図1は本発明の偏波変調可能な半導体レーザの第1の実施例の共振器方向の断面図である。共振器方向に3分割され、それぞれ利得領域1、利得領

6

域2および損失領域となっている。各領域は電氣的には独立であるが、光学的には共通の光ガイド層103を介して結合している。具体的な層構成は以下の通りである。図1において、101はn型InP基板、102はn型InPクラッド層、103は上述したn型InGaAsP光ガイド層、104aはアンドープGaInAsP活性層、104bはアンドープGaInAsP損失層、105はp型InPクラッド層、106はp型InGaAsPコンタクト層である。更に、107はn型クラッド層102とn型光ガイド層103の境界に形成された $\lambda/4$ 位相シフトを有するグレーティングであり、108a～108cは正電極、109は負電極である。両端面には無反射(AR)コート112を施した。グレーティング107のピッチは、ブラッグ波長のTMモードが利得ピークになるように設定してある。活性層104a及び損失層104bの構造は、本実施例では同じとした。活性層104a及び損失層104bのエネルギーバンドギャップ構造を示す図2において、そのウェル層121はInGaAs(引っぱり歪み1.0%)から成り厚さは10nm、バリア層122はInGaAsP(波長1.1 μ m組成)から成り厚さは10nmであり、更にSCH層123はInGaAsP(波長1.2 μ m組成)から成り厚さは100nmである。井戸数は5周期とした。

【0022】次に動作原理について説明する。図3は、利得領域1および2に均等にキャリア($\sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を注入したときの、TEモードおよびTMモードに対する利得(正確には $\Gamma \cdot g$)と共振器損失($\Gamma \cdot \alpha_{\text{in}} + \alpha_M + \alpha_{\text{SC}}$)との関係を示す(横軸は波長、 λ^{TM} Bragg及び $\lambda^{\text{TE Bragg}}$ は夫々ブラッグ波長のTMモード及びTEモード、 λ^{TM} 及び λ^{TE} は夫々TMモード及びTEモードの利得ピーク)。TEとTMとで利得スペクトルが異なるのは、歪み量子井戸のバンド構造の変化によるものである。このように、TEモードとTMモードの利得プロファイルだけを変えるだけでは、DFBレーザの発振光をTMモードとTEモード間で選択することは困難である。このため、従来例では設計精度が厳しく、偏波変調可能動作範囲が狭かった。図4は、利得領域1および2に不均一にキャリアを注入することで、TEモードとTMモードの利得の相関を変化させ、かつ、損失領域に逆バイアス(たとえば、 $\sim -5 \text{ V}$)を印加したときの同関係を示している。共振器損失スペクトルのピーク値がTMの方が小さくなるのは、量子閉じ込め効果(QCS E)によるものである。このように、利得スペクトルだけでなく共振器損失スペクトルも制御することで、上記(3)式を容易に満たすことができる。

【0023】定常状態で(3)式が成り立つよう、利得領域1および2の電流と損失領域の印加電圧を調整したあとは、変調方法にはいくつか方法がある。

(1) 信号を損失領域に電圧として印加する。この方法

50

の長所は、QCSEによる高速変調が可能であること、共振器内のキャリア分布が一定に保たれるため発振光の線幅が極めて狭くできる点にある。

(2) 信号を利得領域1および2の片方或は両方に電流として重畳する。この方法の長所は変調回路が簡単であることである。

(3) (1) および (2) の組み合わせ。この場合の長所は (1) および (2) の長所を合わせ持つ設定にできることである。

【0024】図5は、本実施例と従来例の動作電流と線幅の関係を模式的に示したものである。変調時には、本実施例の場合、(1)の方法を用いれば、この差はさらに顕著になる。図6は、本実施例と従来例の偏波変調可能領域の違いを動作電流対光出力の関係を用いて模式的に表したものである。

【0025】本実施例によれば、以下の効果の達成されることが明らかである。

- 1) 同じ光出力であれば、変調効率が高い。
- 2) 変調可能光出力範囲が広い。

【0026】

【実施例2】

(非対称歪み量子井戸+MQW) 次に第2の実施例について説明する。第1の実施例において利得領域と損失領域の構造を独立に最適化することで、さらに高性能化を図ることができる。構造は活性層104a及び損失層104b以外は第1の実施例と同じである。図7は活性層のバンド構造を、図8は損失層のバンド構造を表している。活性層は、InGaAsおよびInGaAsPをウエル層171、172とする非対称歪み量子井戸構造(バリア層173はGaInAsP)になっている。本実施例では、InGaAsウエル層171(厚さ10nm)のみに1.0%の引っ張り歪みを導入し、InGaAsPウエル層172(エネルギーギャップに相当する波長; $\lambda_g = 1.65 \mu\text{m}$ 、厚さ10nm)およびInGaAsPバリア層173($\lambda_g = 1.3 \mu\text{m}$ 、厚さ10nm)は歪みのない2重量子井戸構造を用いた。また、損失領域の構造は、ウエル層181はInGaAs(引っ張り歪み1.7%)から成り厚さは10nm、バリア層182はInGaAsP(波長1.2 μm 組成)から成り厚さは10nm、そしてSCH層183はInGaAsP(波長1.2 μm 組成)から成り厚さは100nmである。井戸数は2周期とした。

【0027】図9は、利得領域1および2にキャリアを注入し、かつ損失領域に電圧印加して制御した時の利得および損失スペクトルの関係を示している。動作原理は第1実施例と実質的に同じである。第1の実施例との違いは、利得領域と損失領域の構造を独立に最適化しているので、

- 1) 動作電流がさらに低くなること、
- 2) 変調効率がさらに高くなること、

- 3) 線幅がさらに狭くなること、
 - 4) 偏波変調可能範囲がさらに広がること、
- である。

【0028】

【実施例3】

(バルク活性層+金属装荷+F-K効果) 次に、製作の容易さを重要視した例を示す。図10は本発明の第3の実施例の共振器方向の断面図である。図10において、図1と同符号で示すものは同機能部であることを示す。共振器方向に3分割され、それぞれ利得領域1、利得領域2および損失領域となっている。各領域は電気的には独立であるが、光学的には共通の光ガイド層103を介して結合している。具体的な層構成は以下の通り。101はn型InP基板、102はn型InPクラッド層、103はn型InGaAsP光ガイド層、104aはアンドープGaInAsP活性層、104bはアンドープGaInAsP損失層、105はp型InPクラッド層、106はp型InGaAsPコンタクト層である。107はn型クラッド層102とn型光ガイド層103の境界に形成された $\lambda/4$ 位相シフトを有するグレーティングであり、108は正電極、109は負電極である。両端面には無反射(AR)コート112を施した。グレーティング107のピッチは、ブラッグ波長のTMモードが利得ピークになるように設定してある。活性層104a及び損失層104bの構造(バルク構造)は本実施例では同じとした。活性層104a以外に第1の実施例と異なっているのは、損失領域の電界分布が電極108にかかる程度に、p型クラッド層105が薄くなっていることである。この結果、TMモードに対してのみ

に対して損失領域になっている。

【0029】次に動作原理について説明する。図11は、DFBモードの位相を調整するために利得領域1および2に独立にキャリア($\sim 10^{18} \text{cm}^{-3}$)を注入し、かつ損失領域に逆バイアス($\sim 5 \text{V}$)を印加したときの、TEモードおよびTMモードに対する利得(正確には $\Gamma \cdot g$)と共振器損失($\Gamma \cdot \alpha_{\text{in}} + \alpha_{\text{M}} + \alpha_{\text{SC}}$)との関係を示す(横軸は波長)。バルク活性層を用いているために、TEとTMとで利得スペクトルはほとんど変わらない。共振器損失スペクトルのピーク値がTMの方が大きいのは金属装荷によるTMモードの抑圧効果によるものである。したがって、ブラッグ波長のTMモードの利得の方がTEモードの利得より大きくなるように、グレーティングピッチを調整しておくことで上記(3)式を満たすことができる。さらに損失領域に逆バイアスをかけることでフランツ・ケルデッシュ効果により共振器損失プロファイルを調整することができる。

【0030】本実施例独自の特徴は、活性層及び損失層がバルク構造であるので、簡単な制作方法で偏波変調可能な半導体レーザを得ることができる点にある。動作原理は第1実施例と実質的に同じである。

(6)

9

【0031】

【実施例4】

(ネットワークへの応用—偏光子有り) 次に本発明のデバイスを光ネットワークへ適用した例について述べる。実施例1〜3で述べたデバイスの出射面に偏光子を配置し、特定偏波光(例えばTE光)のみを取り出すことができる。図12および図13はバス型光ネットワークおよびリング型光ネットワークへの適用例であり、光ノード401〜406に上記デバイスが搭載されている。本発明の半導体レーザは線幅が狭くかつ安定しているので、バスバンドの狭いフィルタと組み合わせることで高密度波長多重通信ネットワークが実現できる。

【0032】

【実施例5】

(ネットワークへの応用—偏光子なし) 偏光子を使用しなければ異なる偏波の光を同時に送出できることから、上記デバイスを用いてネットワークの多機能化をはかることができる。例えば、波長可変レーザと波長可変フィルタを用いた波長多重システムにおいて、波長可変フィルタに偏波依存性をもたせることで、上記デバイスを偏波ダイバーシティ用の光源として非常に単純な構成で使用できる。

【0033】 以上は1.5 μm 帯で説明してきたが、他の波長帯や材料系でも同様に成り立つ。

【0034】

【発明の効果】 以上述べたように、本発明の偏波変調可能な半導体レーザは以下の効果を有する。

(1) 安定に直接偏波変調できる領域(電流、光出力、動作温度、波長、消光比等)が広い。

(2) 素子設計の自由度が高く、構造が簡単なため製作歩留まりが高い。

(3) 動作電流が低く構造が簡単なため素子寿命が長い。

【0035】 又、本発明の光ネットワークは以下の効果を有する。

(1) 本発明の偏波変調可能な半導体レーザは線幅の動作安定性が良いため、バスバンドの狭い波長フィルタと組み合わせて高密度波長多重通信システムを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例を説明する共振器方向断面図。

【図2】 第1の実施例の活性層及び損失層のバンド構造を説明する模式図。

【図3】 第1の実施例の利得領域1および2に均等にキャリアを注入したときの、TEモードおよびTMモードに対する利得(正確には $\Gamma \cdot g$)と共振器損失との関係を示すグラフ図。

【図4】 第1の実施例の利得領域1および2に不均一に

10

キャリアを注入してTEモードとTMモードの利得の相関を変化させ、かつ、損失領域に逆バイアスを印加したときのTEモードおよびTMモードに対する利得(正確には $\Gamma \cdot g$)と共振器損失との関係を示すグラフ図。

【図5】 第1の実施例と従来例の動作電流と線幅の関係を模式的に示した図。

【図6】 第1の実施例と従来例の偏波変調可能領域の違いを動作電流対光出力の関係をを用いて模式的に表した図。

【図7】 第2の実施例の活性層のバンド構造を説明する模式図。

【図8】 第2の実施例の損失層のバンド構造を説明する模式図。

【図9】 第2の実施例の利得領域1および2にキャリアを注入し、かつ損失領域に電圧印加して制御した時の利得および損失スペクトルの関係を示すグラフ図。

【図10】 本発明の第3の実施例を説明する共振器方向断面図。

【図11】 第3の実施例の利得領域1および2に独立にキャリアを注入し、かつ損失領域に逆バイアスを印加したときの、TEモードおよびTMモードに対する利得(正確には $\Gamma \cdot g$)と共振器損失($\Gamma \cdot \alpha_{in} + \alpha_M + \alpha_{SC}$)との関係を示すグラフ図。

【図12】 バス型ネットワークシステムへの適用例を説明する模式図。

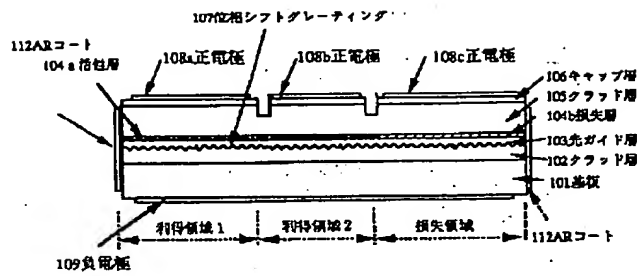
【図13】 リング型ネットワークシステムへの適用例を説明する模式図。

【図14】 従来例を説明する模式図。

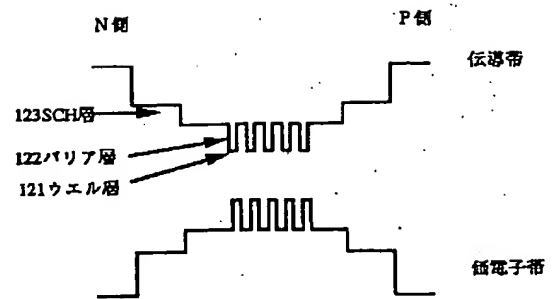
【符号の説明】

- 101 基板
- 102、105 クラッド層
- 103 光ガイド層
- 104 a 活性層
- 104 b 損失層
- 106 キャップ層
- 107 グレーティング
- 108、108 a、108 b、108 c 正電極
- 109 負電極
- 112 ARコート
- 121、181 ウェル層
- 122、182 バリア層
- 123、183 SCH層
- 171 InGaAs 歪み井戸層
- 172 InGaAsP 井戸層
- 173 InGaAsP バリア層
- 400 光バスライン
- 401〜406 光ノード
- 411〜416 端末装置

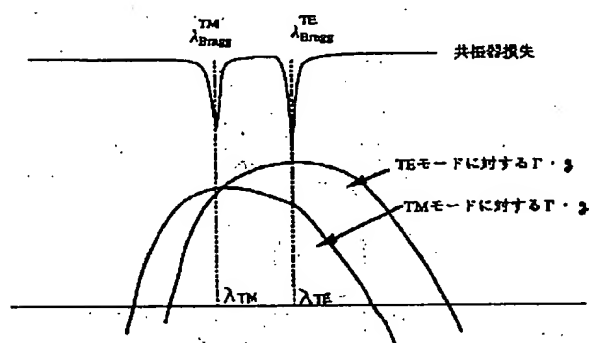
【図1】



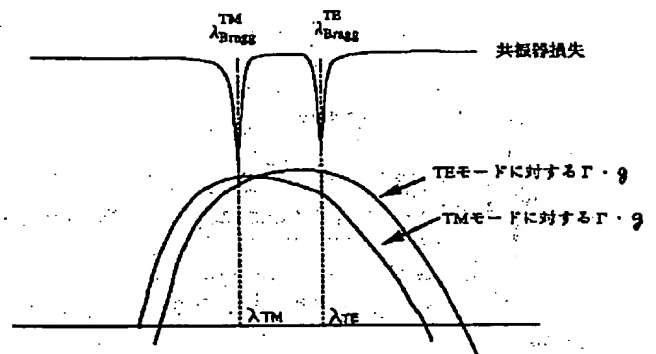
【図2】



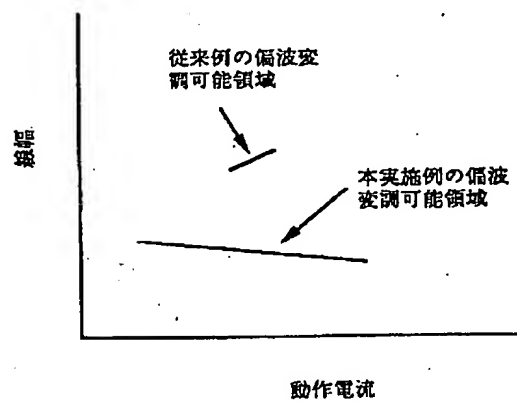
【図3】



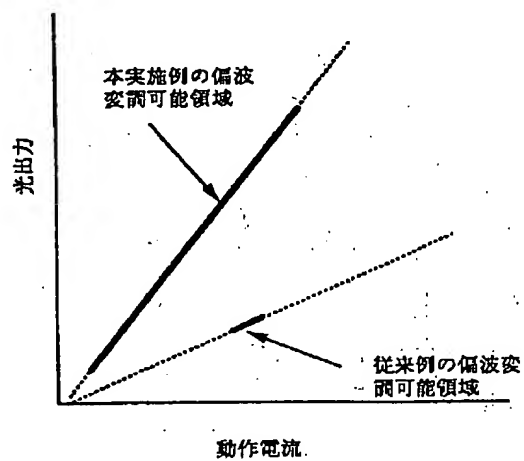
【図4】



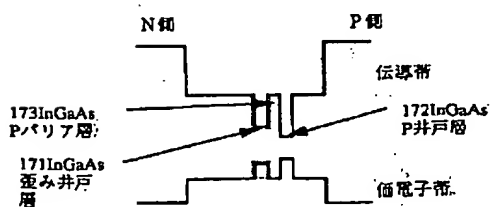
【図5】



【図6】

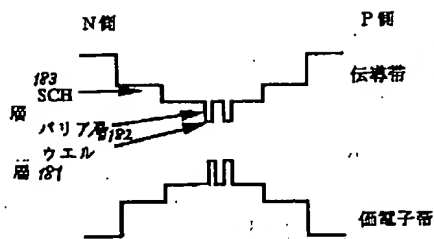


【図7】

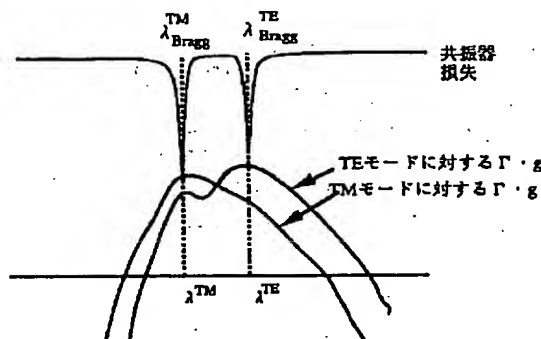


(8)

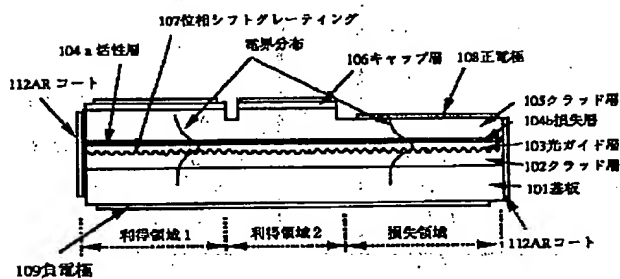
【図8】



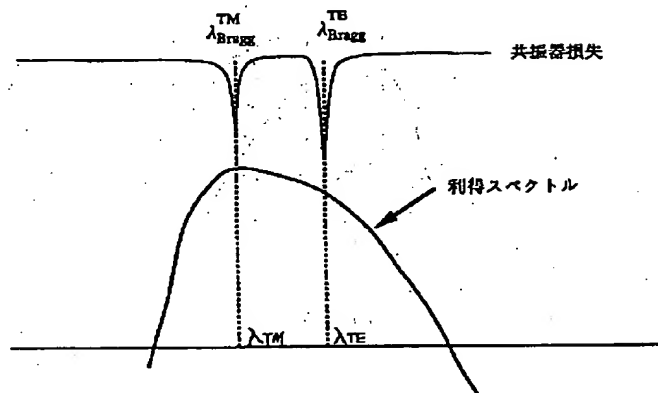
【図9】



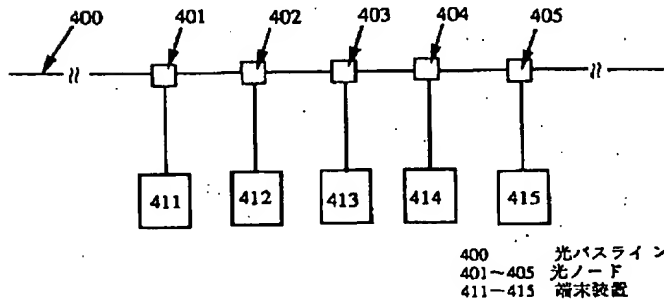
【図10】



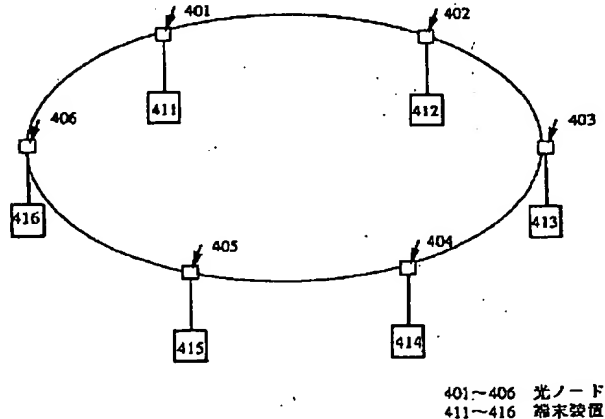
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

